



ÖREBRO
UNIVERSITET

Våg- och materiefysik för civilingenjörer

FY501G-0100

2023-01-09, kl. 14:15-19:15

Hjälpmedel: Skrivmateriel, lärobok¹ och miniräknare.

Betygskriterier: Skrivningens maxpoäng är 60, uppdelat på 10 poäng per huvuduppgift, och bedöms utifrån kriterier för *kunskap och förståelse; färdighet, förmåga och värderingsförmåga; samt skriftlig avrapportering*. För betyg 3/4/5 räcker det med 4 poäng inom vart och ett av områdena *vågrörelselära, elektromagnetism, kvantmekanik och materiens struktur* samt 30/40/50 poäng totalt. Detaljerna framgår av separat dokument publicerat på Blackboard.

Anvisningar: Motivera väl med sidhänvisningar och formelnummer från läroboken, redovisa alla väsentliga steg, rita tydliga figurer och svara med rätt enhet. Redovisa inte mer än en huvuduppgift per sida.

Skrivningsresultat: Meddelas inom 15 arbetsdagar.

Examinator: Magnus Ögren.

Lycka till!

1. En elastisk sträng med massan $m = 10.0$ g spänns upp horisontellt med kraften $F = 12$ N mellan två fasta ändar på avståndet $L = 3.00$ m. Strängen fås att vibrera i en stående transversell våg med frekvensen 50.0 Hz.

a) Rita en realistisk ögonblicksbild (dvs strängens elongation som funktion av en rumskoordinat vid en given tidpunkt) över den stående vågen om den har fyra noder (ej inräknat de två ändarna), samt ange våglängdens storlek.

b) Jämför resultatet från två olika sätt att beräkna utbredningsfarten för vågor på strängen på samma sätt som under laboration 1.

2. En människa hör ljud bäst (grunden för den sk dBA skalan) om frekvenserna är av storleken $f = 2$ kHz till $f = 3$ kHz.

a) Örats hörselgång går in till trumhinnan och kan liknas vid en 3.5 cm lång smal pipa som är sluten i ena änden. Beräkna grundtonens frekvens vid en stående ljudvåg i hörselgången.

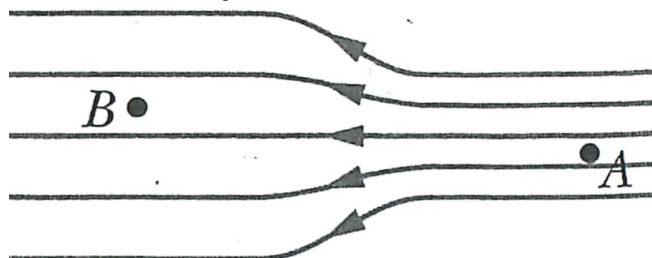
En punktformig ljudkälla har effekten $3.00 \mu W$.

b) Vad är intensiteten 4.2 m från ljudkällan?

c) Vad är ljudnivån i dB 4.2 m från ljudkällan?

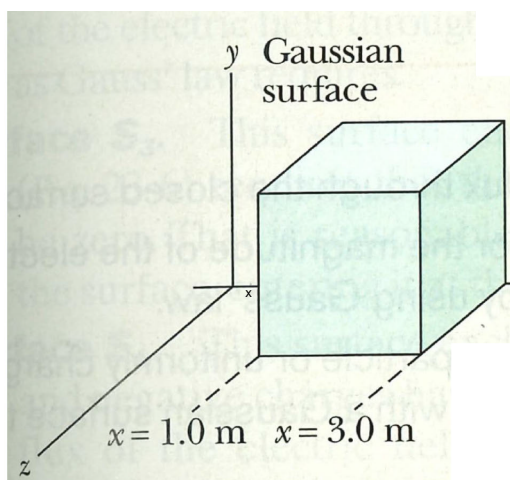
¹ *Principles of Physics* Halliday, Resnick, Walker

3. Figuren nedan visar fältlinjerna till ett elektriskt fält \vec{E} där det vinkelräta avståndet mellan linjerna är dubbelt så stort vid B som vid A.



- a) Låt den elektriska fältstyrkan $|\vec{E}|$ vara 5.0 N/C i punkten B. Vilken storlek och riktning får den elektriska kraften på en partikel med den elektriska laddningen 2.0 C i punkten A?

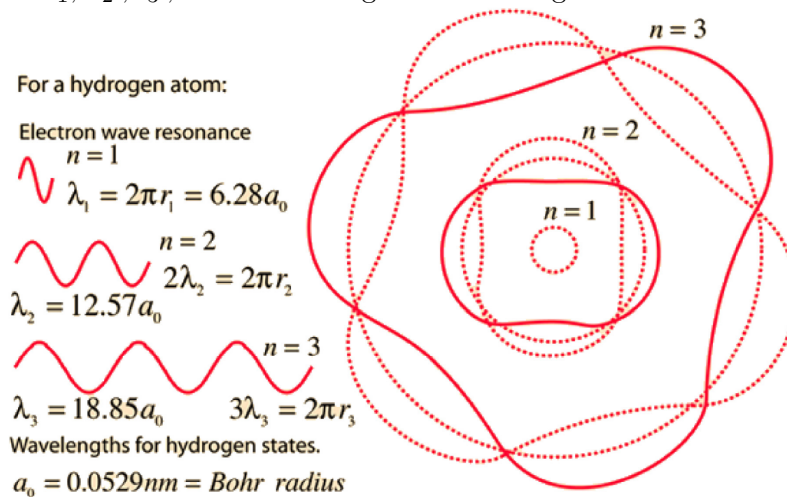
Ett annat elektriskt fält runt den slutna kuben i figuren nedan har det principiella utseendet $\vec{E} = (|x - 2|, 0, |z|)$ N/C.



- b) Vad är den totala elektriska laddningen inuti kuben?
4. Vanliga laserpennor av typen som demonstrerades på föreläsningarna ger på avståndet ca 1.0 m en area i ljusstrålen i storleksordningen 1.0 mm^2 . Vi tittade på tre olika laserpennor med olika färg (röd, grön och lila) men som alla levererar en uteffekt på ca 1.0 mW.
- a) Hur många fotoner per sekund sänds ut från den röda laserpennan som har våglängden $\lambda = 650 \text{ nm}$?

- b) En vill gärna att laserstrålen skall gå rakt fram utan att breda ut sig. Men laserpennorna vi tittade på är billiga, så redan på avståndet 5.0 m har arean för ljusstrålen ökat till storleksordningen 10.0 mm^2 för den lila lasern. Hur mycket har den lila laserns ljustryck minskat på 5.0 m avstånd jämfört med ljustrycket på 1.0 m avstånd från laserpennan?
- c) Den gröna laserns fotoner har mindre energi än den lila laserns fotoner. Trots det uppges det gröna laserljuset vara farligare för människor, förklara varför, du får gärna hänvisa till en figur i boken.

5. En idé som binder ihop Bohrs enkla modell med cirkulära elektronbanor med radier r_1, r_2, r_3, \dots och de Broglies materievågor illustreras nedan:



- a) Beräkna den elektrostatiske kraften mellan protonen och elektronen i en väteatom med hjälp av Coulombs lag om radien anges till (figuren) $r_1 = a_0 = 0.05292 \text{ nm}$. Konstanten a_0 kallas för Bohr-radie.
- b) Om du betraktar elektronen i a) som en klassisk partikel som utför en cirkelrörelse kring protonen med centripetalacceleration $a_c = \frac{v^2}{r}$, vad får du då för klassisk rörelsemängd $p = mv$ på elektronen?
- c) Storleken av det klassiska rörelsemängdsmomentet $L = pr_1$ för den innersta elektronen kan du nu beräkna med p från b). Visa att resultatet blir en heltalsmultipel, vilken, av Plancks konstant delat med 2π (dvs \hbar).
- d) Betrakta (figuren) tillståndet för den innersta elektronen som en våg med våglängden $\lambda_1 = 2\pi r_1$, dvs lika med omkretsen för den innersta banan. Visa nu att du får samma resultat som i b) om du räknar ut elektronens rörelsemängd med hjälp av våglängden λ_1 för materievågen och Plancks konstant.

e) Styrkan av det magnetiska dipolmomentet, $|\vec{\mu}_{orb}|$, associerat med banrörelsemängdsmomentet (eng: *orbital magnetic dipole moment*) från **c)**, kan enligt läroboken uttryckas $|\vec{\mu}_{orb}| = \frac{e}{2m} |\vec{L}_{orb}|$. Undersök om värdet på $|\vec{\mu}_{orb}|$ stämmer med vad du får om du istället betraktar strömmen associerat med elektronen som rör sig i cirkeln med radie $r_1 = a_0 = 0.05292$ nm som en klassisk strömslinga (eng: *coil carrying current*).

6. Denna uppgift handlar om elektroner i en tvådimensionell oändlig lådpotential (eng.: *two-dimensional infinite potential well*) med kantlängderna $L_x = 2.0$ nm och $L_y = 1.0$ nm.

- a) Gör en tabell där du har markerat de 10 lägsta energinivåerna och motsvarande rumskvanttal (n_x, n_y) . Du kan med fördel ange energierna i enheten $h^2 / (8mL_x^2)$.
- b) Rita ett energinivådiagram enligt tabellen i **a)** där du placerat ut 4 st spinn-upp (\uparrow) elektroner och 2 st spinn-ner (\downarrow) elektroner så att det motsvarar mångpartikel-grundtillståndet för de 6 elektronerna, samt ange denna grundenergi i SI-enheten J . Diagrammet behöver ej vara skalenligt men kopplingen till energinivåerna i **a)** skall i så fall framgå, tex genom att skriva ut energin för respektive nivå.